

УДК 539.21

Маг. Э.А. Имашева
Рук. Ю.Л. Юрьев
УГЛТУ, Екатеринбург

СТРУКТУРА, СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ НАНОТРУБОК

В настоящее время технология применения микрообъектов достигла критической точки своего развития. Нужно переходить на новый уровень развития – наноуровень. В связи с этим возникла необходимость получения транзисторов, проволок с размерами примерно от 1 до 20 нанометров. В 1985 г. было найдено решение этой проблемы – открыты нанотрубки, а с 1990 г. научились получать их в объёмах, достаточных для изучения.

Нанотрубка – молекула из более миллиона атомов углерода, представляющая собой трубку с диаметром около нанометра и длиной несколько десятков микрон. В стенках трубки атомы углерода расположены в вершинах правильных шестиугольников*.

Факт наблюдения структуры многостенных нанотрубок был открыт Иджимой в 1991 г. Существуют более ранние свидетельства открытия углеродных нанотрубок. Так, например в 1974–1975 гг. японскими учеными Эндо и др. были опубликованы работы с описанием тонких трубок с диаметром менее 100 Å, приготовленных методом конденсации из паров, однако более детального исследования структуры не было проведено.

Структуру нанотрубок можно представить себе так: берём графитовую плоскость, вырезаем из неё полоску и «склеиваем» её в цилиндр (на самом деле, конечно, нанотрубки растут совсем по-другому). Казалось бы, что может быть проще? Берёшь графитовую плоскость и сворачиваешь в цилиндр! Однако до экспериментального открытия нанотрубок никто из теоретиков их не предсказывал. Так что учёным оставалось только изучать их и удивляться.

Под действием механических напряжений, превышающих критические, нанотрубки ведут себя довольно экстравагантно: они не «рвутся», не «ломаются», а просто-напросто перестраиваются!

В настоящее время максимальная длина нанотрубок составляет десятки и сотни микрон. Что, конечно, очень велико по атомным масштабам, но слишком мало для повседневного использования. Однако длина получаемых нанотрубок постепенно увеличивается – сейчас учёные уже вплотную подошли к сантиметровому рубежу. Получены многослойные нанотрубки длиной 4 мм.

* Углеродные нанотрубки. Фуллерены и нанотрубки. URL: <http://labs.vt.tpu.ru/nano/nanotubes.htm>.

Нанотрубки могут быть однослойные и многослойные. Структуру **однослойных нанотрубок** можно представить как «обертывание» гексагональной сетки графита (графена), основу которой составляют шестиугольники с расположенными в вершинах углов атомами углерода, в бесшовный цилиндр. **Многослойные нанотрубки** состоят из нескольких слоёв графена, сложенных в форме трубки. Расстояние между слоями равно 0,34 нм, т. е. такое же, как и между слоями в кристаллическом графите.

Существуют две модели, использующиеся для описания их структуры. Многослойные нанотрубки могут представлять собой несколько однослойных нанотрубок, вложенных одна в другую (так называемая «матрёшка»). В другом случае один «лист» графена оборачивается несколько раз вокруг себя, что похоже на прокрутку пергамента или газеты (модель «пергамента»).

Углеродные нанотрубки имеют механические, кинетические, электрические свойства, они токсичны.

У углеродных нанотрубок широкая сфера применения. Это связано с тем, что они имеют молекулярную структуру в виде каркаса, позволяющую тем самым иметь свойства, отличающиеся от алмаза или графита. Именно благодаря своим отличительным чертам (прочность, проводимость, изгиб) углеродные нанотрубки применяются чаще в сравнении с другими материалами.

Применяется это углеродное изобретение в электронике, оптике, в машиностроении и др. Углеродные нанотрубки используют как добавки к различным полимерам и композитам для усиления прочности молекулярных соединений. Ведь всем известно, что молекулярная решётка углеродных соединений обладает невероятной прочностью, тем более в чистом виде.

Углеродные нанотрубки используются также в производстве конденсаторов и различного рода датчиков, анодов, которые необходимы для изготовления батареек, в роли поглотителя электромагнитных волн. Широкое применение это углеродное соединение нашло в сфере изготовления телекоммуникационных сетей и жидкокристаллических дисплеев. Также нанотрубки используются в качестве усилителя каталитических свойств в производстве осветительных устройств.